

実写的／アニメアバターの違いが VR 空間でのコミュニケーションに与える影響 Comparing Anime-Style and Realistic Avatars in Virtual Reality Communication: An fNIRS Hyperscanning study

泉澤 行太[†], 肥後 克己[‡], 嶋田 総太郎^{††}
Kota Izumisawa, Katsuki Higo, Sotaro Shimada

[†] 明治大学大学院理工学研究科, [‡] 明治大学研究・知財戦略機構, ^{††} 明治大学理工学部

[†] Graduate School of Science and Technology, Meiji University,

[‡] Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji University,

^{††} School of Science and Technology, Meiji University

ce251046@meiji.ac.jp

概要

VR 空間でのコミュニケーションにおいてアバターの表現様式が与える影響を、fNIRS を用いたハイパースキャニングと主観的評価により検討した。実写的アバターではアニメ調アバターより注意配分と右縁上回の機能的結合が有意に高かった。アニメ調アバターでは実写的アバターより左上頭頂小葉で有意に高い機能的結合を示した。これらの結果は、表現様式の違いによって異なる認知プロセスが誘発された可能性を示唆している。

キーワード：fNIRS, VR, ハイパースキャニング

1. 背景

VR 空間における対人コミュニケーションにおいて、アバターは媒介として重要な役割を果たしている。これまでの研究ではアバターがコミュニケーションの質や感情伝達に及ぼす影響が示されてきた[1,2]。例えば、動物型アバターであっても人型アバターと同様に親密な関係を構築できること[1]や、抽象的な立方体のアバターであっても人間型アバターと同等の感情認識を行うことができる可能性があることが報告されている[2]。しかし、これらの研究の多くは実写的アバターを対象としており、現実のユーザーがしばしば好んで利用するアニメ調のアバターがコミュニケーションに与える影響は十分に検証されていない。そこで本研究では、アバターの表現様式の違い(実写的とアニメ調)が対人コミュニケーションに与える影響を明らかにするために、主観的評価(アンケート)と脳機能計測の両面から検討を行った。

コミュニケーションに関する先行研究では、機能的近赤外分光法(functional near-infrared spectroscopy, fNIRS)を用いた複数人同時脳活動計測(ハイパースキャニング)により、非対面に比べて対面コミュニケーション時における二者間の脳活動同期が増加することが示され

ている[3]。また、他者の心的状態を推測する認知処理である「心の理論」は、コミュニケーションにおいて重要な役割を果たしており、その神経基盤として側頭頭頂接合部(temporo-parietal junction, TPJ)が関与していると考えられている[4]。

本研究では、fNIRS を用いたハイパースキャニングにより、TPJ を含む頭頂葉領域における二者間の脳活動同期を、対人関係の構築におけるコミュニケーションの客観的指標として評価した。また、アバターの影響は、単に対人コミュニケーションにとどまらず、VR 空間における自己のアバターの身体認識にも及ぶ可能性がある。そこで本研究では、コミュニケーションに関する主観的評価だけでなく、アバターに対する身体認識に関する主観的評価も質問紙を用いて測定した。

2. 実験

2.1 被験者

38 名 19 ペアの健康な男性(20.5±1.6 歳)が実験に参加した。被験者のペアは互いに面識がなかった。被験者のペア毎に使用するアバターをアニメ調(図 1a)、または実写的アバター(図 1b)のいずれかにランダムに割り当てた。



(a) アニメ調アバター (b) 実写的アバター

図 1 実験で用いたアバター

2.2 実験手順

被験者はヘッドマウントディスプレイ（VIVE XR Elite, HTC, 台湾）およびフェイシャルトラッカー（VIVE Facial Tracker, HTC, 台湾）を装着し、提示される VR 空間内でアバターを介したコミュニケーション課題 [5] に取り組んだ。実験中、フェイシャルトラッカーとコントローラーを通じて、アバターには被験者の表情および腕の動きがリアルタイムで反映された。

コミュニケーション課題では、被験者に共通の質問（表 1）に対する自身の考えを自由に述べさせた。各質問に対して、10 秒間の安静、20 秒間の質問に対する思考時間、2 分間の議論、20 秒間の安静を順に設けた。質問は段階的に自己開示を行う内容 [5] となっており、全 5 問を解答させた（図 2）。課題中の脳活動は近赤外分光装置（NIRSport2, NIRx, ドイツ）で測定した。

課題終了後に、身体所有感、社会的存在感、対人魅力、Inclusion of Other in the Self (IOS) Scale、反応性の 5 項目についてアンケートを行った。身体所有感は、アバターの身体を自身の身体であると感じる程度を評価した [6]。社会的存在感は、自分と相手の存在に対する認識、注意の割り当て、相手との対話内容および感情の理解、感情と行動における相互作用の程度といった複数の下位尺度から構成されており、相手の存在を認識した程度を評価した [7]。対人魅力は、相手に対する魅力度を評価した [8]。Inclusion of Other in the Self (IOS) Scale は、回答者が他者やグループに対して感じる親密さの度合いを評価した [9]。反応性は、相手の会話への集中、相手からの興味、相手と自分の同調性といった相手の反応に対する知覚の程度を評価した [10]。なお、すべての質問項目は 7 段階のリッカート尺度を用いて評価を行い、身体所有感、社会的存在感、対人魅力、反応性については、本実験の内容に合わせて質問項目を一部改変して使用した。

表 1 コミュニケーション課題で用いた質問

質問項目	質問内容
1	もしあなたが 90 歳まで生きるとして、30 歳からの今後 60 年間で 30 歳時点の心か体のどちらかを維持できるとしたらどちらを選びますか？
2	明日目覚めたら何か一つの才能や能力を身に付けているとしたら、何がいいですか？
3	もし水晶があなた自身、あなたの人生、未来、その他あらゆることについての真実を教えてくれるなら、何を知りたいですか？
4	1 年後に突然死ぬとわかっていたら、今の生き方について何か変えますか？また、その理由は？
5	あなたの家が火事になったとして、家族やペットを救った後、何か一つだけ好きなものを取りに行くとしたら何を持っていきますか？また、その理由は？

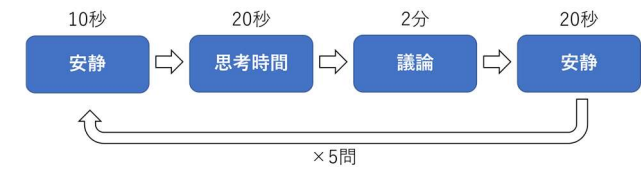


図 2 実験の流れ

2.3 計測方法

本研究では、「心の理論」の機能を担う脳領域と考えられている TPJ [4]の活動を計測するために、国際 10-10 法の CP3 と CP5 の中点を中心とした左半球 9 チャネル（送光プローブ 4 本、受光プローブ 4 本）、CP2 と CP4 の中点を中心とした右半球 8 チャネル（送光プローブ 4 本、受光プローブ 3 本）を計測した（図 3）。課題を始める前に、測定部位の 3 次元空間座標を 3 次元位置測定装置（FASTRAK, Polhemus, アメリカ）を用いて測定し、各チャネルに該当する脳領域の推定 [11]を行った。

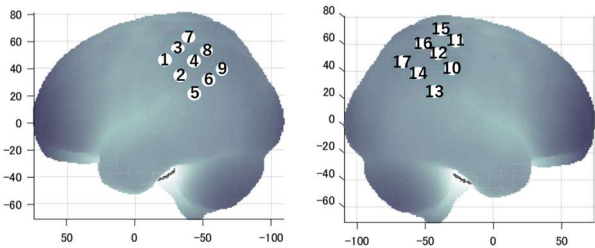


図 3 実験で用いたチャネル配置

2.4 解析方法

コミュニケーション時の二者間の脳活動の同期を調べるために被験者間相関（inter-subject correlation: ISC）解析を行った。まず、計測した NIRS データは 0.02 - 2 Hz のバンドパスフィルタ処理を施した後、血流動態分離 [12]を行った。次に、安静時と議論時の酸化ヘモグロビンの濃度変化に対し、計測ペアの一方の脳活動をモデルとする一般線形モデル [13, 14]を用いて ISC 解析を行い、被験者間の全てのチャネルの組み合わせ毎に ISC 値を求めた。最後に、議論時の ISC 値から安静時の ISC 値を差し引いた ISC 値の差分値（ Δ ISC）を求め、アバターの表現様式（実写的 vs. アニメ調）の脳活動同期の違いを検討するため、Wilcoxon の順位和検定を行った。

3. 結果

アンケート

各項目について正規性を確認するために Shapiro-Wilk 検定を実施した結果、身体所有感、社会的存在感、反応性については正規性を確認できた。これらの項目に対し、アバター条件間の差を検討するために対応のない t 検定を行ったところ、身体所有感 ($t(35.64)=0.14, p=0.888$)、社会的存在感 ($t(35.96)=1.27, p=0.211$)、反応性 ($t(33.79)=1.57, p=0.125$) のいずれにおいても有意な差は認められなかった。一方、社会的存在感の下位尺度では注意の割り当てに関する項目の **Attentional Allocation** で、実写的アバター条件の方がアニメ調アバター条件よりも有意に高いスコアを示した ($t(35.41)=2.10, p=0.042$, 図4)。また、対人魅力、IOS については正規性を認められなかったため Wilcoxon の順位和検定を実施したところ、対人魅力 ($W=157.5, p=0.518$)、IOS ($W=166.5, p=0.693$) とともに条件間で有意な差は認められなかった。

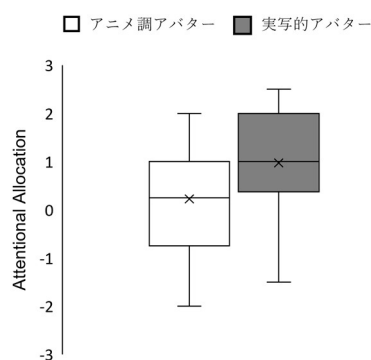


図4 Attentional Allocation (* : $p < 0.05$)

脳活動同期 (NIRS)

Δ ISC に対して、アバター条件間の差を検討するために Wilcoxon の順位和検定を行った。その結果、右縁上回 (MNI: $x=69, y=-32, z=39$) 同士のチャンネルの組み合わせ (Ch10-10) において、実写的アバターの方がアニメ調アバターよりも有意に高い Δ ISC を示した ($W=47, p=0.010$, FDR-corrected, 図5)。また、アニメ調アバターでは0よりも有意に大きい Δ ISC ($W=158, p=0.048$)、実写的アバターでは0よりも有意に小さい Δ ISC を示した ($W=25, p=0.006$)。左上頭頂小葉 (MNI: $x=-44, y=-39, z=64$) 同士のチャンネルの組み合わせ (ch7-ch7) では、アニメ調アバター条件の方が実写的アバター条件よりも有意に高い Δ ISC を示した ($W=$

299, $p=0.042$, FDR-corrected, 図6)。また、アニメ調アバターでは0よりも有意に小さい Δ ISC ($W=12, p<0.001$)、実写的アバターでは0よりも有意に大きい Δ ISC を示した ($W=131, p=0.048$)。

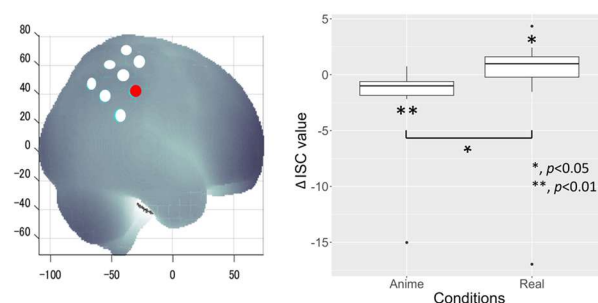


図5 右縁上回における Δ ISC 値

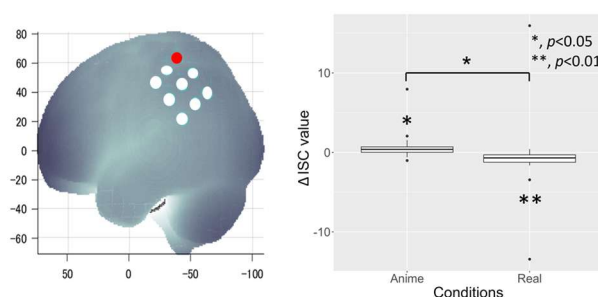


図6 左上頭頂小葉における Δ ISC 値

4. 考察

本研究では、アバターの表現様式が対人コミュニケーションに及ぼす影響を明らかにするために、VR 空間における対話課題を通じて、主観的評価と脳活動同期の両面から検討した。その結果、社会的存在感の下位尺度である **Attentional Allocation** のスコアにおいて実写的アバターの方がアニメ調アバターよりも有意に高かった。これは、実写的アバターの方が相互に注意を向けていると感じやすいことを示している。また、脳活動同期では、右縁上回同士のチャンネルの組み合わせにおいて、実写的アバターの方がアニメ調アバターよりも機能的結合が高かった。これは、縁上回が「心の理論」に関与していることから[4]、実写的アバターを介した対人コミュニケーションの方が互いに他者の心的状態を推し測ろうとしていたことを示唆している。

一方、左上頭頂小葉ではアニメ調アバターの方が実写的アバターよりも機能的結合が高いことを示した。上頭頂小葉は模倣や動作の観察といったミラーシステムへの関連を報告されていることから[16]、アニメ調アバターを介した対人コミュニケーションでは、互いに

ミラーシステムにおける相手の感情のシミュレーションが起きていたことを示唆している。

こうした結果を踏まえ、アバターの表現様式が対人コミュニケーションにおいてどのような認知的プロセスを誘発したのかについて、社会性認知の理論に基づき解釈を試みる。社会性認知において、他者の感情や意図を理解する際に内的にシミュレーションを行うことで、他者の意図を深く理解するシミュレーション仮説[17]が提唱されている。この仮説は、ミラーシステムを介して他者の行動をシミュレートすることで他者の意図や感情を深く認識することができるとする理論である。Keysers と Gazzola (2007) が提唱したモデル[18]では、他者理解の際には、ミラーシステム経由と「心の理論」経由の2つのルートがあるとされている。本研究で用いたアニメ調アバターは実写的アバターに比べて目の大きさや眉の動きが強調されていた。そのため、直感的に理解しやすい感情表現になっており、アニメ調アバターの方が、シミュレーションが起きやすくなり、ミラーシステム経由の他者理解が行われたと考えられる。したがって、アニメ調アバターではミラーシステムにおけるシミュレーションに関連する上頭頂小葉において高い機能的結合がみられたと推察される。一方、実写的アバターでは、アニメ調アバターに比べ直感的に理解しにくい感情表現であった。そのため、相手の感情情報により注目した結果、Attentional Allocation において高いスコアを示したと推察される。また、そのような熟慮を必要とする感情表現に対してシミュレーションが起きづらく、相手の感情表現について知識として認識する「心の理論」経由の他者理解が行われたと考えられる。その結果、「心の理論」に関連する縁上回での機能的結合の増加がみられたと推察される。以上のことから、アバターの表現様式の違いによって異なる認知プロセスが誘発された可能性を示唆している。

文献

- [1] Agnew, C. R. (2022). Feeling close to a crab-thing in virtual reality: Does avatar appearance always matter in forming meaningful connections? a case study. *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 889247.
- [2] Sun, Y., & Won, A. S. (2021). Despite appearances: Comparing emotion recognition in abstract and humanoid avatars using nonverbal behavior in social virtual reality. *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 694453.
- [3] Jiang, J., Dai, B., Peng, D., Zhu, C., Liu, L., & Lu, C. (2012). Neural synchronization during face-to-face communication. *Journal of Neuroscience*, 32(45), 16064-16069.
- [4] Saxe, R., & Kanwisher, N. (2013). People thinking about thinking people: the role of the temporo-parietal junction in “theory of mind”. In *Social neuroscience* (pp. 171-182). Psychology Press.
- [5] Aron, A., Melinat, E., Aron, E. N., Vallone, R. D., & Bator, R. J. (1997). The experimental generation of interpersonal closeness: A procedure and some preliminary findings. *Personality and social psychology bulletin*, 23(4), 363-377.
- [6] Kalckert, A., & Ehrsson, H. H. (2012). Moving a rubber hand that feels like your own: a dissociation of ownership and agency. *Frontiers in human neuroscience*, 6, 40.
- [7] Harms, C., & A. Biocca, F. (2004). Internal consistency and reliability of the networked minds social presence measure. In M. Alcaniz & B. Rey (Eds.), *Seventh Annual International Workshop: Presence 2004*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- [8] Oh Kruzic, C., Kruzic, D., Herrera, F., & Bailenson, J. (2020). Facial expressions contribute more than body movements to conversational outcomes in avatar-mediated virtual environments. *Scientific reports*, 10(1), 20626.
- [9] Aron, A., Aron, E. N., & Smollan, D. (1992). Inclusion of other in the self scale and the structure of interpersonal closeness. *Journal of personality and social psychology*, 63(4), 596.
- [10] Reis, H. T., Maniaci, M. R., Caprariello, P. A., Eastwick, P. W., & Finkel, E. J. (2011). Familiarity does indeed promote attraction in live interaction. *Journal of personality and social psychology*, 101(3), 557.
- [11] Singh, A. K., Okamoto, M., Dan, H., Jurcak, V., and Dan, I. (2005). Spatial registration of multichannel multi-subject fNIRS data to MNI space without MRI. *NeuroImage*, 27(4), 842-851.
- [12] Yamada, T., Umeyama, S., & Matsuda, K. (2012). Separation of fNIRS signals into functional and systemic components based on differences in hemodynamic modalities. *PLoS One*, 7(11), e50271.
- [13] Friston, K. J., Holmes, A. P., Poline, J. P., Grasby, P. J., Williams, S. C. R., Frackowiak, R. S. J., & Turner, R. (1995). Analysis of fMRI Time-Series Revisited. *Neuroimage*, 2, 45-53.
- [14] Schroeter, M. L., Zysset, S., Wahl, M., & von Cramon, D. Y. (2004). Prefrontal activation due to Stroop interference increases during development—an event-related fNIRS study. *Neuroimage*, 23(4), 1317-1325.
- [15] Wolpert, D. M., Goodbody, S. J., & Husain, M. (1998). Maintaining internal representations: the role of the human superior parietal lobe. *Nature neuroscience*, 1(6), 529-533.
- [16] 村田哲. (2005). ミラーニューロンの明らかになったもの: 運動制御から認知機能へ. *日本神経回路学会誌*, 12(1), 52-60.
- [17] Rizzolatti, G., Fogassi, L., & Gallese, V. (2001). Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature reviews neuroscience*, 2(9), 661-670.
- [18] Keysers, C., & Gazzola, V. (2007). Integrating simulation and theory of mind. *Trends in cognitive sciences*, 11(5), 194-196.
- [18] Keysers, C., & Gazzola, V. (2007). Integrating simulation and theory of mind: From self to social cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(5), 194-196.